# ภาคผนวก ก

# ตารางการแปลงหน่วย

มหาวิทยาลัยนเรศวร

## ตารางที่ ก.1 การเปรียบเทียบหน่วย

(ที่มา : เทคโนโลยีไอน้ำ (STEAM TECHNOLOGY), วิวัฒน์ ภัททิยธนี)

**พื้นที่**

1 $m^2$ = 10.764 $ft^2$

1 $ft^2$ = 0.093903 $m^2$

1 $in^2$ = $6.4516 \times 10^{-4}$ $m^2$

มวล

1 kg = 2.2046 lbm

1 lbm = 0.45359 kg

ปริมาตร

1 $m^3$ = 35.315 $ft^3$

1 $ft^3$ = 0.028317 $m^3$

1 gal = 0.13368 $ft^3$

1 liter = 1000.0 $cm^3$

ความหนาแน่น

1 $lbm/ft^3$ = 16.019 $kg/m^3$

1 $kg/m^3$ = 0.062428 $lbm/ft^3$

แรง

1 N = 1 $kg.m/s^2$ = 0.22481 lbf

1 lbf = 4.4482 N

ความดัน

1 Pa = 1 $N/m^2$ = $1 \times 10^{-5}$ bar = $1.4504 \times 10^{-4}$ psia = $9.8692 \times 10^{-6}$ atm = 0.020886 $lbf/ft^2$

1 bar = $10^5$ Pa = 0.98692 atm = 14.504 psia = 2088.6 $lbf/ft^2$

1 $lbf/in^2$ (psia) = 144 $lbf/ft^2$ = 6894.8 Pa = $6.8948 \times 10^{-2}$ bar = 0.068046 atm

1 atm = 101.325 kPa = 14.696 psia = 1.0133 bar = 2116.2 $lbf/ft^2$

พลังงาน

1 J = 1 N.m = 1 $kg.m^2/s^2$

1 kJ = 1 kW.s = 0.94783 Btu = 0.23885 kcal = 737.56 ft.lbf

1 Btu = 1.0550 kJ = 0.25200 kcal = 778.16 ft.lbf

1 kcal = 4.1868 kJ = 3.9684 Btu = 3088.0 ft.lbf

1 kWh = $3.60 \times 10^3$ kJ = $2655.2 \times 10^3$ ft.lbf = 3412.2 Btu = 859.86 kcal/h

1 ft.lbf = $1.2851 \times 10^{-3}$ Btu = $1.3558 \times 10^{-3}$ kJ

## ตารางที่ ก.1 การแปลงหน่วย (ต่อ)

(ที่มา : เทคโนโลยีไอน้ำ (STEAM TECHNOLOGY), วิวัฒน์ ภัททิยธนี)

**พลังงาน(ต่อหน่วยเวลา)**

1 W = 1J/s

1 W = 3.4122 Btu/h = 0.85987 kcal/h = $1.34102 \times 10^{-3}$ hp = 0.73756 ft.lbf/s

1 Btu/h = 0.29307 W = 0.25200 kcal/h = $3.9300 \times 10^{-4}$ hp = 0.21616 ft.lbf/s

1 kcal/h = 1.1630 W =3.9683 Btu/h = $1.5595 \times 10^{-3}$ hp = 0.85778 ft.lbf/s

1 horsepower (hp) = 550 ft.lbf/s = 2544.5 Btu/h = 745.70 W

1 ft.lbf/s = 4.6262 Btu/h = 1.3558 W = $1.8182 \times 10^{-3}$ hp

1 ton (cooling capacity) = 12,000 Btu/h = 3.5168 kW

พลังงานจำเพาะ,เอนธาลปีจำเพาะ

1 kJ/kg = 0.42992 Btu/lbm = 0.23885 kcal/kg = 334.55 ft.lbf/lbm

1 Btu/lbm = 2.3260 kJ/kg = 0.55556 kcal/kg = 778.16 ft.lbf/lbm

1 kcal/kg = 4.1868 kJ/kg = 1.8000 Btu/lbm = 1400.7 ft.lbf/lbm

1 ft.lbf/lbm = $2.9891 \times 10^{-3}$ kJ/kg = $1.2851 \times 10^{-3}$ Btu/lbm = $7.1394 \times 10^{-4}$ kcal/kg

พลังงานต่อหน่วยพื้นที่

1 $W/m^2$ = 0.31700 Btu/(h.$ft^2$) = 0.85986 kcal/(h.$m^2$)

1 Btu/(h.$ft^2$) = 3.1546 $W/m^2$ = 2.7125 kcal/(h.$m^2$)

1 kcal/(h.$m^2$) = 1.1630 $W/m^2$ = 0.36867 Btu/(h.$ft^2$)

เอนโทรปี

1 kJ/K = 0.52657 Btu/°R = 0.23885 kcal/K

1 Btu/°R = 1.8991 kJ/K = 0.45359 kcal/K

1 kcal/K = 4.1868 kJ/K = 2.2047 Btu/°R

# ภาคผนวก ข

# ตารางน้ำและไอน้ำอิ่มตัว

มหาวิทยาลัยนเรศวร

**ตาราง ค.1 น้ำและไอน้ำอิ่มตัว (ตารางอุณหภูมิ)**

(ที่มา : เทคโนโลยีไอน้ำ (STEAM TECHNOLOGY), วิวัฒน์ ภัทรธีรานนท์)

| Temp. °C $T$ | Press. kPa $P$ | Specific Volume m³ / kg | | Internal Energy kJ/kg | | | Enthalpy kJ/kg | | | Entropy kJ/kg K | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sat. Liquid $v_f$ | Sat. Vapor $v_g$ | Sat. Liquid $u_f$ | Evap. $u_{fg}$ | Sat. Vapor $u_g$ | Sat. Liquid $h_f$ | Evap. $h_{fg}$ | Sat. Vapor $h_g$ | Sat. Liquid $s_f$ | Evap. $s_{fg}$ | Sat. Vapor $s_g$ |
| 0.01 | 0.6113 | 0.001 000 | 206.14 | .00 | 2375.3 | 2375.3 | .01 | 2501.3 | 2501.4 | .0000 | 9.1562 | 9.1562 |
| 5 | 0.8721 | 0.001 000 | 147.12 | 20.97 | 2361.3 | 2382.3 | 20.98 | 2489.6 | 2510.6 | .0761 | 8.9496 | 9.0257 |
| 10 | 1.2276 | 0.001 000 | 106.38 | 42.00 | 2347.2 | 2389.2 | 42.01 | 2477.7 | 2519.8 | .1510 | 8.7498 | 8.9008 |
| 15 | 1.7051 | 0.001 001 | 77.93 | 62.99 | 2333.1 | 2396.1 | 62.99 | 2465.9 | 2528.9 | .2245 | 8.5569 | 8.7814 |
| 20 | 2.339 | 0.001 002 | 57.79 | 83.95 | 2319.0 | 2402.9 | 83.96 | 2454.1 | 2538.1 | .2966 | 8.3706 | 8.6672 |
| 25 | 3.169 | 0.001 003 | 43.36 | 104.88 | 2304.9 | 2409.8 | 104.89 | 2442.3 | 2547.2 | .3674 | 8.1905 | 8.5580 |
| 30 | 4.246 | 0.001 004 | 32.89 | 125.78 | 2290.8 | 2416.6 | 125.79 | 2430.5 | 2556.3 | .4369 | 8.0164 | 8.4533 |
| 35 | 5.628 | 0.001 006 | 25.22 | 146.67 | 2276.7 | 2423.4 | 146.68 | 2418.6 | 2565.3 | .5053 | 7.8478 | 8.3531 |
| 40 | 7.384 | 0.001 008 | 19.52 | 167.56 | 2262.6 | 2430.1 | 167.57 | 2406.7 | 2574.3 | .5725 | 7.6845 | 8.2570 |
| 45 | 9.593 | 0.001 010 | 15.26 | 188.44 | 2248.4 | 2436.8 | 188.45 | 2394.8 | 2583.2 | .6387 | 7.5261 | 8.1648 |
| 50 | 12.349 | 0.001 012 | 12.03 | 209.32 | 2234.2 | 2443.5 | 209.33 | 2382.7 | 2592.1 | .7038 | 7.3725 | 8.0763 |
| 55 | 15.758 | 0.001 015 | 9.568 | 230.21 | 2219.9 | 2450.1 | 230.23 | 2370.7 | 2600.9 | .7679 | 7.2234 | 7.9913 |
| 60 | 19.940 | 0.001 017 | 7.671 | 251.11 | 2205.5 | 2456.6 | 251.13 | 2358.5 | 2609.6 | .8312 | 7.0784 | 7.9096 |
| 65 | 25.03 | 0.001 020 | 6.197 | 272.02 | 2191.1 | 2463.1 | 272.06 | 2346.2 | 2618.3 | .8935 | 6.9375 | 7.8310 |
| 70 | 31.19 | 0.001 023 | 5.042 | 292.95 | 2176.6 | 2469.6 | 292.98 | 2333.8 | 2626.8 | .9549 | 6.8004 | 7.7553 |
| 75 | 38.58 | 0.001 026 | 4.131 | 313.90 | 2162.0 | 2475.9 | 313.93 | 2321.4 | 2635.3 | 1.0155 | 6.6669 | 7.6824 |
| 80 | 47.39 | 0.001 029 | 3.407 | 334.86 | 2147.4 | 2482.2 | 334.91 | 2308.8 | 2643.7 | 1.0753 | 6.5369 | 7.6122 |
| 85 | 57.83 | 0.001 033 | 2.828 | 355.84 | 2132.6 | 2488.4 | 355.90 | 2296.0 | 2651.9 | 1.1343 | 6.4102 | 7.5445 |
| 90 | 70.14 | 0.001 036 | 2.361 | 376.85 | 2117.7 | 2494.5 | 376.92 | 2283.2 | 2660.1 | 1.1925 | 6.2866 | 7.4791 |
| 95 | 84.55 | 0.001 040 | 1.982 | 397.88 | 2102.7 | 2500.6 | 397.96 | 2270.2 | 2668.1 | 1.2500 | 6.1659 | 7.4159 |

**ตาราง ข.1 น้ำและไอน้ำอิ่มตัว (ตารางอุณหภูมิ) (ต่อ)**

(ที่มา : เทคโนโลยีไอน้ำ (STEAM TECHNOLOGY), วิรัช ศรีทับธรรม)

| Temp. °C $T$ | Press. MPa $P$ | Specific Volume M³ / kg | | Internal Energy kJ/kg | | | Enthalpy kJ/kg | | | Entropy kJ/kg K | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sat. Liquid $v_f$ | Sat. Vapor $v_g$ | Sat. Liquid $u_f$ | Evap. $u_{fg}$ | Sat. Vapor $u_g$ | Sat. Liquid $h_f$ | Evap. $h_{fg}$ | Sat. Vapor $h_g$ | Sat. Liquid $s_f$ | Evap. $s_{fg}$ | Sat. Vapor $s_g$ |
| 100 | 0.101 35 | 0.001 044 | 1 6729 | 418.94 | 2087.6 | 2506.5 | 419.04 | 2257.0 | 2676.1 | 1.3069 | 6.0480 | 7.3549 |
| 105 | 0.120 82 | 0.001 048 | 1.4194 | 440.02 | 2072.3 | 2512.4 | 440.15 | 2243.7 | 2683.8 | 1.3630 | 5.9328 | 7.2958 |
| 110 | 0.143 27 | 0.001 052 | 1.2102 | 461.14 | 2057.0 | 2518.1 | 461.30 | 2230.2 | 2691.5 | 1.4185 | 5.8202 | 7.2387 |
| 115 | 0.169 06 | 0.001 056 | 1.0366 | 482.30 | 2041.4 | 2523.7 | 482.48 | 2216.5 | 2699.0 | 1.4734 | 5.7100 | 7.1833 |
| 120 | 0.198 53 | 0.001 060 | 0.8919 | 503.50 | 2025.8 | 2529.3 | 503.71 | 2202.6 | 2706.3 | 1.5276 | 5.6020 | 7.1296 |
| 125 | 0.2321 | 0.001 065 | 0.7706 | 524.74 | 2009.9 | 2534.6 | 524.99 | 2188.5 | 2713.5 | 1.5813 | 5.4962 | 7.0775 |
| 130 | 0.2701 | 0.001 070 | 0.6685 | 546.02 | 1993.9 | 2539.9 | 546.31 | 2174.2 | 2720.5 | 1.6344 | 5.3925 | 7.0269 |
| 135 | 0.3130 | 0.001 075 | 0.5822 | 567.35 | 1977.7 | 2545.0 | 567.69 | 2159.6 | 2727.3 | 1.6870 | 5.2907 | 6.9777 |
| 140 | 0.3613 | 0.001 080 | 0.5089 | 588.74 | 1961.3 | 2550.0 | 589.13 | 2144.7 | 2733.9 | 1.7391 | 5.1908 | 6.9299 |
| 145 | 0.4154 | 0.001 085 | 0.4463 | 610.18 | 1944.7 | 2554.9 | 610.63 | 2129.6 | 2740.3 | 1.7907 | 5.0926 | 6.8833 |
| 150 | 0.4758 | 0.001 091 | 0.3928 | 631.68 | 1927.9 | 2559.5 | 632.20 | 2114.3 | 2746.5 | 1.8418 | 4.9960 | 6.8379 |
| 155 | 0.5431 | 0.001 096 | 0.3468 | 653.24 | 1910.8 | 2564.1 | 653.84 | 2098.6 | 2752.4 | 1.8925 | 4.9010 | 6.7935 |
| 160 | 0.6178 | 0.001 102 | 0.3071 | 674.87 | 1893.5 | 2568.4 | 675.55 | 2082.6 | 2758.1 | 1.9427 | 4.8075 | 6.7502 |
| 165 | 0.7005 | 0.001 108 | 0.2727 | 696.56 | 1876.0 | 2572.5 | 697.34 | 2066.2 | 2763.5 | 1.9925 | 4.7153 | 6.7078 |
| 170 | 0.7917 | 0.001 114 | 0.2428 | 718.33 | 1858.1 | 2576.5 | 719.21 | 2049.5 | 2768.7 | 2.0419 | 4.6244 | 6.6663 |
| 175 | 0.8920 | 0.001 121 | 0.2168 | 740.17 | 1840.0 | 2580.2 | 741.17 | 2032.4 | 2773.6 | 2.0909 | 4.5347 | 6.6256 |
| 180 | 1.0021 | 0.001 127 | 0.194 05 | 762.09 | 1821.6 | 2583.7 | 763.22 | 2015.0 | 2778.2 | 2.1396 | 4.4461 | 6.5857 |
| 185 | 1.1227 | 0.001 134 | 0.174 09 | 784.10 | 1802.9 | 2587.0 | 785.37 | 1997.1 | 2782.4 | 2.1879 | 4.3586 | 6.5465 |
| 190 | 1.2544 | 0.001 141 | 0.156 54 | 806.19 | 1783.8 | 2590.0 | 807.62 | 1978.8 | 2786.4 | 2.2359 | 4.2720 | 6.5079 |
| 195 | 1.3978 | 0.001 149 | 0.141 05 | 828.37 | 1764.4 | 2592.8 | 829.98 | 1960.0 | 2790.0 | 2.2835 | 4.1863 | 6.4698 |
| 200 | 1.5538 | 0.001 157 | 0.127 36 | 850.65 | 1744.7 | 2595.3 | 852.45 | 1940.7 | 2793.2 | 2.3309 | 4.1014 | 6.4323 |
| 205 | 1.7230 | 0.001 164 | 0.115 21 | 873.04 | 1724.5 | 2597.5 | 875.04 | 1921.0 | 2796.0 | 2.3780 | 4.0172 | 6.3952 |
| 210 | 1.9062 | 0.001 173 | 0.104 41 | 895.53 | 1703.9 | 2599.5 | 897.76 | 1900.7 | 2798.5 | 2.4248 | 3.9337 | 6.3585 |
| 215 | 2.104 | 0.001 181 | 0.094 79 | 918.14 | 1682.9 | 2601.1 | 920.62 | 1879.9 | 2800.5 | 2.4714 | 3.8507 | 6.3221 |
| 220 | 2.318 | 0.001 190 | 0.086 19 | 940.87 | 1661.5 | 2602.4 | 943.62 | 1858.5 | 2802.1 | 2.5178 | 3.7683 | 6.2861 |
| 225 | 2.548 | 0.001 199 | 0.078 49 | 963.73 | 1639.6 | 2603.3 | 966.78 | 1836.5 | 2803.3 | 2.5639 | 3.6863 | 6.2503 |

## ตารางที่ A.1 น้ำและไอน้ำอิ่มตัว (ตารางอุณหภูมิ) (ต่อ)

(ที่มา : เทคโนโลยีไอน้ำ (STEAM TECHNOLOGY), วิวัฒน์ ภัทรธีรานนท์)

| Temp. °C $T$ | Press. MPa $P$ | Specific Volume M³ / kg | | Internal Energy kJ/kg | | | Enthalpy kJ/kg | | | Entropy kJ/kg K | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sat. Liquid $v_f$ | Sat. Vapor $v_g$ | Sat. Liquid $u_f$ | Evap. $u_{fg}$ | Sat. Vapor $u_g$ | Sat. Liquid $h_f$ | Evap. $h_{fg}$ | Sat. Vapor $h_g$ | Sat. Liquid $s_f$ | Evap. $s_{fg}$ | Sat. Vapor $s_g$ |
| 230 | 2.795 | 0.001 209 | 0.071 58 | 986.74 | 1617.2 | 2603.9 | 990.12 | 1813.8 | 2804.0 | 2.6099 | 3.6047 | 6.2146 |
| 235 | 3.060 | 0.001 219 | 0.065 37 | 1009.89 | 1594.2 | 2604.1 | 1013.62 | 1790.5 | 2804.2 | 2.6558 | 3.5233 | 6.1791 |
| 240 | 3.344 | 0.001 229 | 0.059 76 | 1033.21 | 1570.8 | 2604.0 | 1037.32 | 1766.5 | 2803.8 | 2.7015 | 3.4422 | 6.1437 |
| 245 | 3.648 | 0.001 240 | 0.054 71 | 1056.71 | 1546.7 | 2603.4 | 1061.23 | 1741.7 | 2803.0 | 2.7472 | 3.3612 | 6.1083 |
| 250 | 3.973 | 0.001 251 | 0.050 13 | 1080.39 | 1522.0 | 2602.4 | 1085.36 | 1716.2 | 2801.5 | 2.7927 | 3.2802 | 6.0730 |
| 255 | 4.319 | 0.001 263 | 0.045 98 | 1104.28 | 1496.7 | 2600.9 | 1109.73 | 1689.8 | 2799.5 | 2.8383 | 3.1992 | 6.0375 |
| 260 | 4.688 | 0.001 276 | 0.042 21 | 1128.39 | 1470.6 | 2599.0 | 1134.37 | 1662.5 | 2796.9 | 2.8838 | 3.1181 | 6.0019 |
| 265 | 5.081 | 0.001 289 | 0.038 77 | 1152.74 | 1443.9 | 2596.6 | 1159.28 | 1634.4 | 2793.6 | 2.9294 | 3.0368 | 5.9662 |
| 270 | 5.499 | 0.001 302 | 0.035 64 | 1177.36 | 1416.3 | 2593.7 | 1184.51 | 1605.2 | 2789.7 | 2.9751 | 2.9551 | 5.9301 |
| 275 | 5.942 | 0.001 317 | 0.032 79 | 1202.25 | 1387.9 | 2590.2 | 1210.07 | 1574.9 | 2785.0 | 3.0208 | 2.8730 | 5.8938 |
| 280 | 6.412 | 0.001 332 | 0.030 17 | 1227.46 | 1358.7 | 2586.1 | 1235.99 | 1543.6 | 2779.6 | 3.0668 | 2.7903 | 5.8571 |
| 285 | 6.909 | 0.001 348 | 0.027 77 | 1253.00 | 1328.4 | 2581.4 | 1262.31 | 1511.0 | 2773.3 | 3.1130 | 2.7070 | 5.8199 |
| 290 | 7.436 | 0.001 366 | 0.025 57 | 1278.92 | 1297.1 | 2576.0 | 1289.07 | 1477.1 | 2766.2 | 3.1594 | 2.6227 | 5.7821 |
| 295 | 7.993 | 0.001 384 | 0.023 54 | 1305.2 | 1264.7 | 2569.9 | 1316.3 | 1441.8 | 2758.1 | 3.2062 | 2.5375 | 5.7437 |
| 300 | 8.581 | 0.001 404 | 0.021 67 | 1332.0 | 1231.0 | 2563.0 | 1344.0 | 1404.9 | 2749.0 | 3.2534 | 2.4511 | 5.7045 |
| 305 | 9.202 | 0.001 425 | 0.019 948 | 1359.3 | 1195.9 | 2555.2 | 1372.4 | 1366.4 | 2738.7 | 3.3010 | 2.3633 | 5.6643 |
| 310 | 9.856 | 0.001 447 | 0.018 350 | 1387.1 | 1159.4 | 2546.4 | 1401.3 | 1326.0 | 2727.3 | 3.3493 | 2.2737 | 5.6230 |
| 315 | 10.547 | 0.001 472 | 0.016 867 | 1415.5 | 1121.1 | 2536.6 | 1431.0 | 1283.5 | 2714.5 | 3.3982 | 2.1821 | 5.5804 |
| 320 | 11.274 | 0.001 499 | 0.015 488 | 1444.6 | 1080.9 | 2525.5 | 1461.5 | 1238.6 | 2700.1 | 3.4480 | 2.0882 | 5.5362 |
| 330 | 12.845 | 0.001 561 | 0.012 996 | 1505.3 | 993.7 | 2498.9 | 1525.3 | 1140.6 | 2665.9 | 3.5507 | 1.8909 | 5.4417 |
| 340 | 14.586 | 0.001 638 | 0.010 797 | 1570.3 | 894.3 | 2464.6 | 1594.2 | 1027.9 | 2622.0 | 3.6594 | 1.6763 | 5.3357 |
| 350 | 16.513 | 0.001 740 | 0.008 813 | 1641.9 | 776.6 | 2418.4 | 1670.6 | 893.4 | 2563.9 | 3.7777 | 1.4335 | 5.2112 |
| 360 | 18.651 | 0.001 893 | 0.006 945 | 1725.2 | 626.3 | 2351.5 | 1760.5 | 720.5 | 2481.0 | 3.9147 | 1.1379 | 5.0526 |
| 370 | 21.03 | 0.002 213 | 0.004 925 | 1844.0 | 384.5 | 2228.5 | 1890.5 | 441.6 | 2332.1 | 4.1106 | .6865 | 4.7971 |
| 374.14 | 22.09 | 0.003 155 | 0.003 155 | 2029.6 | 0 | 2029.6 | 2099.3 | 0 | 2099.3 | 4.4298 | 0 | 4.4298 |

## ตาราง ข.2 น้ำและไอน้ำอิ่มตัว (ตารางความดัน)

(ที่มา : เทคโนโลยีไอน้ำ (STEAM TECHNOLOGY), วิวัฒน์ ภัททิยธนี)

| Pressure | | Temperature | Specific Enthalpy | | | Specific Volume |
|---|---|---|---|---|---|---|
| bar | kPa | °C | Water($h_f$) kJ/kg | Evaporation ($h_{fg}$) kJ/kg | Steam ($h_g$) kJ/kg | Steam m³/kg |
| absolute | | | | | | |
| 0.30 | 30.0 | 69.10 | 289.23 | 2336.1 | 2625.3 | 5.229 |
| 0.50 | 50.0 | 81.33 | 340.49 | 2305.4 | 2645.9 | 3.240 |
| 0.75 | 75.0 | 91.78 | 384.39 | 2278.6 | 2663.0 | 2.217 |
| 0.95 | 95.0 | 98.20 | 411.43 | 2261.8 | 2673.2 | 1.777 |
| gauge | | | | | | |
| 0 | 0 | 100.00 | 419.04 | 2257.0 | 2676.0 | 1.673 |
| 0.10 | 10.0 | 102.66 | 430.2 | 2250.2 | 2680.2 | 1.533 |
| 0.02 | 20.0 | 105.10 | 440.8 | 2243.4 | 2684.2 | 1.414 |
| 0.30 | 30.0 | 107.39 | 450.4 | 2237.2 | 2687.6 | 1.312 |
| 0.40 | 40.0 | 109.55 | 459.7 | 2231.3 | 2691.0 | 1.225 |
| 0.50 | 50.0 | 111.61 | 468.3 | 2225.6 | 2693.9 | 1.149 |
| 0.60 | 60.0 | 113.56 | 476.4 | 2220.4 | 2696.8 | 1.083 |
| 0.70 | 70.0 | 115.40 | 484.1 | 2215.4 | 2699.5 | 1.024 |
| 0.80 | 80.0 | 117.14 | 491.6 | 2210.5 | 2702.1 | 0.971 |
| 0.90 | 90.0 | 118.80 | 498.9 | 2205.6 | 2704.5 | 0.923 |
| 1.00 | 100.0 | 120.42 | 505.6 | 2201.1 | 2706.7 | 0.881 |
| 1.10 | 110.0 | 121.96 | 512.2 | 2197.0 | 2709.2 | 0.841 |
| 1.20 | 120.0 | 123.46 | 518.7 | 2192.8 | 2711.5 | 0.806 |
| 1.30 | 130.0 | 124.90 | 524.6 | 2188.7 | 2713.3 | 0.773 |
| 1.40 | 140.0 | 126.28 | 530.5 | 2184.8 | 2715.3 | 0.743 |
| 1.50 | 150.0 | 127.62 | 536.1 | 2181.0 | 2717.1 | 0.714 |
| 1.60 | 160.0 | 128.89 | 541.6 | 2177.3 | 2718.9 | 0.689 |
| 1.70 | 170.0 | 130.13 | 547.1 | 2173.7 | 2720.8 | 0.665 |
| 1.80 | 180.0 | 131.37 | 552.3 | 2170.1 | 2722.4 | 0.643 |
| 1.90 | 190.0 | 132.54 | 557.3 | 2166.7 | 2724.0 | 0.622 |
| 2.00 | 200.0 | 133.69 | 562.2 | 2163.3 | 2725.5 | 0.603 |
| 2.20 | 220.0 | 135.88 | 571.7 | 2156.9 | 2728.6 | 0.568 |
| 2.40 | 240.0 | 138.01 | 580.7 | 2150.7 | 2731.4 | 0.536 |
| 2.60 | 260.0 | 140.00 | 589.2 | 2144.7 | 2733.9 | 0.509 |
| 2.80 | 280.0 | 141.92 | 597.4 | 2139.0 | 2736.4 | 0.483 |
| 3.00 | 300.0 | 143.75 | 605.3 | 2133.4 | 2738.7 | 0.461 |
| 3.20 | 320.0 | 145.46 | 612.9 | 2128.1 | 2741.0 | 0.440 |
| 3.40 | 340.0 | 147.20 | 620.0 | 2122.9 | 2742.9 | 0.422 |
| 3.60 | 360.0 | 148.84 | 627.1 | 2117.8 | 2744.9 | 0.405 |
| 3.80 | 380.0 | 150.44 | 634.0 | 2112.9 | 2746.9 | 0.389 |
| 4.00 | 400.0 | 151.96 | 640.7 | 2108.1 | 2748.8 | 0.374 |
| 4.50 | 450.0 | 155.55 | 656.3 | 2096.7 | 2753.0 | 0.342 |
| 5.00 | 500.0 | 158.92 | 670.9 | 2086.0 | 2756.9 | 0.315 |
| 5.50 | 550.0 | 162.08 | 684.6 | 2075.7 | 2760.3 | 0.292 |
| 6.00 | 600.0 | 165.04 | 697.5 | 2066.0 | 2763.5 | 0.272 |
| 6.50 | 650.0 | 167.83 | 709.7 | 2056.8 | 2766.5 | 0.255 |
| 7.00 | 700.0 | 170.50 | 721.4 | 2047.7 | 2769.1 | 0.240 |
| 7.50 | 750.0 | 173.02 | 732.5 | 2039.2 | 2771.7 | 0.227 |
| 8.00 | 800.0 | 175.43 | 743.1 | 2030.9 | 2774.0 | 0.215 |
| 8.50 | 850.0 | 177.75 | 753.3 | 2022.9 | 2776.2 | 0.204 |
| 9.00 | 900.0 | 179.97 | 763.0 | 2015.1 | 2778.1 | 0.194 |
| 9.50 | 950.0 | 182.10 | 772.5 | 2007.5 | 2780.0 | 0.185 |
| 10.00 | 1000.0 | 184.13 | 781.6 | 2000.1 | 2781.7 | 0.177 |
| 10.50 | 1050.0 | 186.05 | 790.1 | 1993.0 | 2783.3 | 0.171 |
| 11.00 | 1100.0 | 188.02 | 798.8 | 1986.0 | 2784.8 | 0.163 |

## ตาราง ข.2 น้ำและไอน้ำอิ่มตัว (ตารางความดัน) (ต่อ)

(ที่มา : เทคโนโลยีไอน้ำ (STEAM TECHNOLOGY), วิวัฒน์ ภัททิยธนี )

| Pressure | | | Temperature | Specific Enthalpy | | | Specific Volume Steam |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bar | gauge | kPa | °C | Water($h_f$) kJ/kg | Evaporation ($h_{fg}$) kJ/kg | Steam ($h_g$) kJ/kg | $m^3$/kg |
| 11.50 | | 1150.0 | 189.82 | 807.1 | 1979.1 | 2786.3 | 0.157 |
| 12.00 | | 1200.0 | 191.68 | 815.1 | 1972.5 | 2787.6 | 0.151 |
| 12.50 | | 1250.0 | 193.43 | 822.9 | 1965.4 | 2788.8 | 0.146 |
| 13.00 | | 1300.0 | 195.10 | 830.4 | 1959.6 | 2790.0 | 0.141 |
| 13.50 | | 1350.0 | 196.62 | 837.9 | 1953.2 | 2791.1 | 0.136 |
| 14.00 | | 1400.0 | 198.35 | 845.1 | 1947.1 | 2792.2 | 0.132 |
| 14.50 | | 1450.0 | 199.92 | 852.1 | 1941.0 | 2793.1 | 0.128 |
| 15.00 | | 1500.0 | 201.45 | 859.0 | 1935.0 | 2794.0 | 0.124 |
| 15.50 | | 1550.0 | 202.92 | 865.7 | 1928.8 | 2794.9 | 0.119 |
| 16.00 | | 1600.0 | 204.38 | 872.3 | 1923.4 | 2795.7 | 0.117 |
| 17.00 | | 1700.0 | 207.17 | 885.0 | 1912.1 | 2797.1 | 0.110 |
| 18.00 | | 1800.0 | 209.90 | 897.2 | 1901.3 | 2798.5 | 0.105 |
| 19.00 | | 1900.0 | 212.47 | 909.0 | 1890.5 | 2799.5 | 0.100 |
| 20.00 | | 2000.0 | 214.96 | 920.3 | 1880.2 | 2800.5 | 0.0949 |
| 21.00 | | 2100.0 | 217.35 | 931.3 | 1870.1 | 2801.4 | 0.0906 |
| 22.00 | | 2200.0 | 219.65 | 941.9 | 1860.1 | 2802.0 | 0.0868 |
| 23.00 | | 2300.0 | 221.85 | 952.2 | 1850.4 | 2802.6 | 0.0832 |
| 24.00 | | 2400.0 | 224.02 | 962.2 | 1840.9 | 2803.1 | 0.0797 |
| 25.00 | | 2500.0 | 226.12 | 972.1 | 1831.4 | 2803.5 | 0.0768 |
| 26.00 | | 2600.0 | 228.15 | 981.6 | 1822.2 | 2803.8 | 0.0740 |
| 27.00 | | 2700.0 | 230.14 | 990.7 | 1813.3 | 2804.0 | 0.0714 |
| 28.00 | | 2800.0 | 232.05 | 999.7 | 1804.4 | 2804.1 | 0.0689 |
| 29.00 | | 2900.0 | 233.93 | 1008.6 | 1795.6 | 2804.2 | 0.0666 |
| 30.00 | | 3000.0 | 235.78 | 1017.0 | 1787.0 | 2804.1 | 0.0645 |
| 31.00 | | 3100.0 | 237.55 | 1025.6 | 1778.5 | 2804.1 | 0.0625 |
| 32.00 | | 3200.0 | 239.28 | 1033.9 | 1770.0 | 2803.9 | 0.0605 |
| 33.00 | | 3300.0 | 240.97 | 1041.9 | 1761.8 | 2803.7 | 0.0587 |
| 34.00 | | 3400.0 | 242.63 | 1049.7 | 1753.8 | 2805.5 | 0.0571 |
| 35.00 | | 3500.0 | 244.26 | 1057.7 | 1745.5 | 2803.2 | 0.0554 |
| 36.00 | | 3600.0 | 245.86 | 1065.7 | 1737.2 | 2802.9 | 0.0539 |
| 37.00 | | 3700.0 | 247.42 | 1072.9 | 1729.5 | 2802.4 | 0.0524 |
| 38.00 | | 3800.0 | 248.95 | 1080.3 | 1721.6 | 2801.9 | 0.0510 |
| 39.00 | | 3900.0 | 250.42 | 1087.4 | 1714.1 | 2801.5 | 0.0498 |
| 40.00 | | 4000.0 | 251.94 | 1094.6 | 1706.3 | 2800.9 | 0.0485 |
| 41.00 | | 4100.0 | 253.34 | 1101.6 | 1698.3 | 2799.9 | 0.0473 |
| 42.00 | | 4200.0 | 254.74 | 1108.6 | 1691.2 | 2799.8 | 0.0461 |
| 43.00 | | 4300.0 | 256.12 | 1115.4 | 1683.7 | 2799.1 | 0.0451 |
| 44.00 | | 4400.0 | 257.50 | 1122.1 | 1676.2 | 2798.3 | 0.0441 |
| 45.00 | | 4500.0 | 258.82 | 1228.7 | 1668.9 | 2797.6 | 0.0431 |
| 46.00 | | 4600.0 | 260.13 | 1135.3 | 1666.6 | 2796.9 | 0.0421 |
| 47.00 | | 4700.0 | 261.43 | 1142.2 | 1654.4 | 2796.6 | 0.0412 |
| 48.00 | | 4800.0 | 262.73 | 1148.1 | 1647.1 | 2795.2 | 0.0403 |
| 49.00 | | 4900.0 | 264.00 | 1154.5 | 1639.9 | 2794.4 | 0.0394 |
| 50.00 | | 5000.0 | 265.26 | 1160.8 | 1632.8 | 2793.6 | 0.0386 |
| 51.00 | | 5100.0 | 266.45 | 1166.6 | 1626.9 | 2792.6 | 0.0378 |
| 52.00 | | 5200.0 | 267.67 | 1172.6 | 1619.0 | 2791.6 | 0.0371 |
| 53.00 | | 5300.0 | 268.84 | 1178.7 | 1612.0 | 2790.7 | 0.0364 |
| 54.00 | | 5400.0 | 270.02 | 1184.6 | 1605.1 | 2789.7 | 0.0357 |
| 55.00 | | 5500.0 | 271.20 | 1190.5 | 1598.2 | 2788.7 | 0.0350 |
| 56.00 | | 5600.0 | 272.33 | 1196.3 | 1591.3 | 2787.6 | 0.0343 |

# ภาคผนวก ค

# ตารางแสดงค่าความเค้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

**ตาราง ค.1 แสดงค่าความเค้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ**

(ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม DIN-STANDARD ประเทศเยอรมัน

TECHICAL RULE FOR STEAM BOILER (DIN 17155)

| ชนิด | ความหนา (S) mm. | ความเค้นของวัสดุเทียบกับอุณหภูมิ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 200 °C | 250 °C | 300 °C | 350 °C | 400 °C | 450 °C | 500 °C |
| | | N/mm² | | | | | | |
| UH 1 | ≤ 60 | 135 | 115 | 95 | 80 | 70 | - | - |
| H 1 | ≤16 | 185 | 165 | 140 | 120 | 110 | 105 | - |
| | 16< S ≤40 | 180 | 165 | 135 | 120 | 110 | 105 | - |
| | 40< S ≤60 | 175 | 165 | 135 | 120 | 110 | 105 | - |
| | 60< S ≤100 | 165 | 155 | 125 | 115 | 105 | 100 | - |
| | 100< S ≤150 | 155 | 145 | 115 | 110 | 100 | 95 | - |
| H 2 | ≤60 | 205 | 185 | 155 | 140 | 130 | 125 | - |
| | 60< S ≤100 | 195 | 175 | 145 | 135 | 125 | 120 | - |
| | 100< S ≤150 | 185 | 165 | 135 | 130 | 120 | 115 | - |
| 17 Mn 4 | ≤60 | 245 | 225 | 205 | 175 | 155 | 135 | - |
| | 60< S ≤100 | 230 | 210 | 190 | 165 | 135 | 115 | - |
| | 100< S ≤150 | 215 | 195 | 175 | 155 | 135 | 115 | - |
| 19 Mn 6 | ≤60 | 265 | 245 | 225 | 205 | 175 | 155 | - |
| | 60< S ≤100 | 250 | 230 | 210 | 190 | 165 | 145 | - |
| | 100< S ≤150 | 235 | 215 | 195 | 175 | 155 | 135 | - |
| 15 Mo 3 | ≤10 | 240 | 220 | 195 | 185 | 175 | 170 | 165 |
| | 10< S ≤40 | 225 | 205 | 180 | 170 | 160 | 155 | 150 |
| | 40< S ≤60 | 210 | 195 | 170 | 160 | 150 | 145 | 140 |
| | 60< S ≤100 | 200 | 185 | 160 | 155 | 145 | 140 | 135 |
| | 100< S ≤150 | 190 | 175 | 150 | 145 | 140 | 135 | 130 |
| 13 CrMo 4 4 | ≤10 | 255 | 245 | 230 | 215 | 205 | 195 | 190 |
| | 10< S ≤40 | 240 | 230 | 215 | 200 | 190 | 180 | 175 |
| | 40< S ≤60 | 230 | 220 | 205 | 190 | 180 | 170 | 165 |
| | 60< S ≤100 | 220 | 210 | 195 | 185 | 175 | 165 | 160 |
| | 100< S ≤150 | 210 | 200 | 185 | 175 | 170 | 160 | 155 |
| 10 CrMo 9 10 | ≤40 | 245 | 240 | 230 | 215 | 205 | 195 | 185 |
| | 40< S ≤60 | 235 | 230 | 220 | 205 | 195 | 185 | 175 |
| | 60< S ≤100 | 225 | 220 | 210 | 195 | 185 | 175 | 165 |
| | 100< S ≤150 | 215 | 210 | 200 | 185 | 175 | 165 | 155 |

**ตาราง ค.2 แสดงค่าความเค้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ**

(ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม DIN-STANDARD ประเทศเยอรมัน

TECHICAL RULE FOR STEAM BOILER (DIN 17175)

| ชนิด | ความหนา (S) mm. | ความเค้นของวัสดุเทียบกับอุณหภูมิ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 200 °C | 250 °C | 300 °C | 350 °C | 400 °C | 450 °C | 500 °C | 550 °C |
| | | N/mm.$^2$ | | | | | | | |
| St 35.8 | ≤16 | 185 | 165 | 140 | 120 | 110 | 105 | - | - |
| | 16< S ≤40 | 180 | 160 | 135 | 120 | 110 | 105 | - | - |
| | 40< S ≤60 | 175 | 155 | 130 | 115 | 110 | 105 | - | - |
| St 45.8 | ≤16 | 205 | 185 | 160 | 140 | 130 | 125 | - | - |
| | 16< S ≤40 | 195 | 175 | 155 | 135 | 130 | 125 | - | - |
| | 40< S ≤60 | 190 | 170 | 150 | 135 | 130 | 125 | - | - |
| 17 Mn 4 | ≤40 | 235 | 215 | 175 | 155 | 145 | 135 | - | - |
| | 40< S ≤60 | 225 | 205 | 165 | 150 | 140 | 130 | - | - |
| 19 Mn 5 | ≤40 | 255 | 235 | 205 | 180 | 160 | 150 | - | - |
| | 40< S ≤60 | 245 | 225 | 195 | 170 | 155 | 145 | - | - |
| 15 Mo 3 | ≤40 | 225 | 205 | 180 | 170 | 160 | 155 | 150 | - |
| | 40< S ≤60 | 210 | 195 | 170 | 160 | 155 | 145 | 140 | - |
| 13 CrMo 4 4 | ≤40 | 240 | 230 | 215 | 200 | 190 | 180 | 175 | - |
| | 40< S ≤60 | 230 | 220 | 205 | 190 | 180 | 170 | 165 | - |
| | 60< S ≤80 | 220 | 210 | 195 | 180 | 170 | 160 | 155 | - |
| 10 CrMo 9 10 | ≤40 | 245 | 240 | 230 | 215 | 205 | 195 | 185 | - |
| | 40< S ≤60 | 235 | 230 | 220 | 205 | 195 | 185 | 175 | - |
| | 60< S ≤80 | 225 | 220 | 210 | 195 | 185 | 175 | 165 | - |
| 14 MoV 6 3 | ≤40 | 270 | 255 | 230 | 215 | 200 | 185 | 170 | - |
| | 40< S ≤60 | 260 | 245 | 220 | 205 | 190 | 175 | 160 | - |
| X 20 CrMoV 12 1 | ≤80 | 430 | 415 | 390 | 380 | 360 | 330 | 290 | 250 |

# ภาคผนวก ง

# อุปกรณ์ส่วนควบของหม้อไอน้ำรุ่น HDR-200

มหาวิทยาลัยนเรศวร

## ง. อุปกรณ์ส่วนควบของหม้อไอน้ำรุ่น HDR-200

**ง.1 แผ่นเหล็ก (Shell Plate)**

- แผ่นเหล็กเป็นชนิดบอยเลอร์เพลท ASME SA-516 GR 70
- แผ่นเหล็กที่ใช้หนา 12.7 มม .x กว้าง 8 ฟุต x ยาว 30 ฟุต โดยมี Certificate จากโรงงานผู้ผลิต
- หลังจากม้วนและเชื่อมประกอบจะต้องมีการ X-ray 100% พร้อมมีเอกสารแสดงผลการ X-ray

**ง.2 ฝาหน้า – ฝาหลัง (End Plate)**

- แผ่นเหล็กเป็นชนิดบอยเลอร์เพลท ASME SA-516 GR 70
- แผ่นเหล็กที่ใช้หนา 12.7 มม .x กว้าง 8 ฟุต x ยาว 30 ฟุต โดยมี Certificate จากโรงงานผู้ผลิต
- หลังเชื่อมประกอบแล้วเสร็จ จะทำการทดสอบด้านน้ำ Hydrostatic Test ที่ 1.5 เท่าของแรงดันออกแบบ

**ง.3 ท่อไฟใหญ่ (Furnace)**

- แผ่นเหล็กเป็นชนิดบอยเลอร์เพลท ASME SA-516 GR 70
- แผ่นเหล็กที่ใช้หนา 15.88 มม .x กว้าง 5 ฟุต x ยาว 20 ฟุต โดยมี Certificate จากโรงงานผู้ผลิต
- หลังจากม้วนและเชื่อมประกอบจะต้องมีการ X-ray 100% พร้อมมีเอกสารแสดงผลการ X-ray

**ง.4 ท่อไฟเล็ก (Tube)**

- ท่อไฟเล็กเป็นชนิดบอยเลอร์ทิ้ว ไม่มีตะเข็บ (sameless) : JIS G3461 STB 340-S-H
- ท่อไฟเล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 76.2 มม .x ความหนา 3.2 มม .โดยมี Certificate จากโรงงานผู้ผลิต
- หลังเชื่อมประกอบแล้วเสร็จ จะทำการทดสอบด้านน้ำ Hydrostatic Test ที่ 1.5 เท่าของแรงดันออกแบบ

**ง.5 หัวพ่นไฟ (Burner)**

- ยี่ห้อ "BALTUR" รุ่น BT 180 DSN4T/TD ประเทศผู้ผลิต "อิตาลี" ทำงานโดยอัตโนมัติ (Automatic Control) เป็นระบบหัวฉีด (Nozzle) ชนิดใช้กับน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง
- Burner Output 725-2009 KW.
- ชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์อัดอากาศเข้าเผาไหม้ โดยใช้มอเตอร์ขับใบพัดลม เพื่ออัดอากาศเข้าสันดาปเชื้อเพลิง จำนวน 1 ชุด
- การจุดเชื้อเพลิงใช้ Electrode Spark มีหม้อแปลงไฟแรงสูงเพื่อจุดเชื้อเพลิง
- มีโซลินนอยด์วาล์วไฟฟ้าควบคุมการเปิด-ปิดน้ำมัน จำนวน 2 ชุด
- มีฮีทเตอร์ไฟฟ้าพร้อมเทอร์โมสตัดอุ่นน้ำมันเตาให้อุณหภูมิสูง ก่อนส่งน้ำมันเข้าหัวฉีด
- มีกรองน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถถอดล้างและเปลี่ยนไส้กรองได้สะดวก
- ชุดเตือนเมื่อไฟจุดไม่ติด
- มีปั๊มน้ำมันแรงดันสูง 1 ชุด สร้างแรงดันน้ำมัน ส่งเข้าหัวฉีดเพื่อให้น้ำมันเป็นฝอยได้ดี
- มีเกจวัดแรงดันน้ำมัน 1 ชุด อัดแรงดันน้ำมันก่อนเข้าหัวฉีด

**ง.6 ปั๊มน้ำ (Feed Water Pump)**

- ยี่ห้อ "GRUNDFOS" รุ่น CR(E) 3-19 ประเทศผู้ผลิต "เดนมาร์ก" จำนวน 2 ชุด
- ปั๊มชนิดแบบหลายใบพัด วัสดุทำจากสเตนเลส (Multistage Certrifigal Pump)
- อัตราการปั๊มน้ำเข้าได้ไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของกำลังการผลิตของไอน้ำ ปั๊มทำงานได้ที่ความดันปกติ ไม่น้อยกว่า 10 บาร์
- ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 380 โวลท์ 50 เฮิร์ท 3 เฟส

**ง.7 สวิทซ์ความดัน (Pressure Switch)**

- ยี่ห้อ "HONEYWELL" รุ่น L404A ประเทศผู้ผลิต "อเมริกา" จำนวน 3 ตัว
- สามารถปรับแรงดันได้ใน 0.66 - 10.6 บาร์

**ง.8 วาล์วนิรภัย (Safety Valve)**

- ยี่ห้อ "ARI" รุ่น Fig.902 DN 32 ขนาด 1 1/4" จำนวน 2 ตัว ประเทศผู้ผลิต "เยอรมัน
- เป็นแบบสปริงกดมีคานงัด สามารถตั้งแรงดันสูงสุดได้ ไม่น้อยกว่า 10 บาร์
- วาล์วนิรภัย 1 ตัว สามารถระบายไอน้ำได้มากกว่าอัตราการผลิตไอน้ำ

**ง.9 วาล์วจ่ายไอน้ำ (Main Steam Valve)**

- ยี่ห้อ "ARI (Globe Valve)" รุ่น BR 046 ขนาด 3" จำนวน 2 ตัว ประเทศผู้ผลิต "เยอรมัน"
- ชนิดของ Seal เป็น Bellow Seal

**ง.10 ชุดควบคุมระดับน้ำ (ลูกลอย 3 จังหวะ) (Float Type Water Level Control)**

- ยี่ห้อ "BNC" รุ่น BCL จำนวน 1 ชุด ประเทศผู้ผลิต "ไต้หวัน"
- ลูกลอย 3 จังหวะ ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำในตัวหม้อไอน้ำ โดยการสั่งตัดต่อการทำงานของปั๊มน้ำ และส่งตัดการทำงานของหัวพ่นไฟ กรณีน้ำต่ำกว่าปกติ พร้อมสัญญาณไซเรนดัง และแสดงผลที่ตู้คอนโทรล

**ง.11 แท่งแก้วดูระดับน้ำ (Water Level Gauge)**

- ยี่ห้อ "PRO PACKING" รุ่น -500 จำนวน 2 ชุด ประเทศผู้ผลิต "ไต้หวัน"
- ขนาด Center to Center 390 mm. เป็นแบบรุ่นคอหมุนได้
- ทนแรงดันได้สูงสุด 10 บาร์ มีแถบแสดงระดับน้ำ Min - Max

**ง.12 อิเล็คโทรดควบคุมระดับน้ำ (Electrode Type Water Level Control)**

- ยี่ห้อ "OMRON" รุ่น 61F จำนวน 1 ชุด ประเทศผู้ผลิต "ญี่ปุ่น"
- ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำต่ำกว่าปกติแทนลูกลอย 3 จังหวะ ในกรณีลูกลอยไม่ทำงาน
- พร้อมสัญญาณไซเรนดังและแสดงผลที่หน้าตู้คอนโทรล

**ง.13 วาล์วถ่ายตะกรัน (Blow Down Valve)**

- ยี่ห้อ "VOCESTER (Ball Valve 3 Pc.)" รุ่น C-340 DN40 ขนาด 1 1/2" จำนวน 1 ชุด ประเทศผู้ผลิต "อังกฤษ"
- ทำหน้าที่ลดเข้มข้นของน้ำภายในตัวหม้อไอน้ำ เพื่อป้องกันการจับตัวของตะกรัน

**ง.14 เกจวัดความดันไอน้ำ (Bourdon Type Pressure Gauge)**

- ยี่ห้อ "TK" รุ่น 6" ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าปัด 6" จำนวน 1 ชุด ประเทศผู้ผลิต "ญี่ปุ่น"
- สามารถอ่านค่าแรงดันได้ตั้งแต่ 0-20 บาร์
- มีท่อไส้ไก่ (Siphontube) ติดตั้งระหว่างเกจวัดความดันกับหม้อไอน้ำไอน้ำ

**ง.15 วาล์วจ่ายน้ำ (Main Water Supply Valve)**

- ยี่ห้อ "GIACOMINI" รุ่น R-250D ประเทศผู้ผลิต "อังกฤษ"
- ยี่ห้อ "ARI" รุ่น BR 046 ประเทศผู้ผลิต "เยอรมัน"

**ง.16 วาล์วกันกลับ (Non Return Valve) (Check Valve)**

- ยี่ห้อ "RTK" รุ่น Fig 068 DN 25 ขนาด 1" จำนวน 3 ตัว ประเทศผู้ผลิต "เยอรมันนี"
- เป็นแบบ Wafer Check Valve สามารถทนแรงดันสูงสุดได้ถึง 40 บาร์
- ทำหน้าที่ป้องกันการไหลกันของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

**ง.17 เกจวัดความดันระบบจ่ายน้ำ (Pressure Gauge) (Water System)**

- ยี่ห้อ "TEKLAND" รุ่น SS-OA ขนาด 2 1/2" จำนวน 1 ตัว ประเทศผู้ผลิต "ญี่ปุ่น"
- ทำหน้าที่วัดค่าแรงดันน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ
- สามารถอ่านค่าแรงดันได้ตั้งแต่ 0-10 บาร์

**ง.18 ตัวกรองของระบบน้ำ (Water Y-Strainer)**

- ยี่ห้อ "KITZ" แบบยึดติดโดยเกลียว รุ่น Class 150 : Kitz Flg. Y ขนาด 2" จำนวน 1 ตัว ประเทศผู้ผลิต "ญี่ปุ่น"
- ติดตั้งทางด้านดูดของปั๊ม ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรก, สิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับน้ำ ก่อนส่งเข้าปั๊มของสู่หม้อไอน้ำ

**ง.19 เกจวัดอุณหภูมิไอเสีย (Temp. Gauge)**

- ยี่ห้อ "SANGI" รุ่น TYPE-T ขนาดเส้นผ่าศูนย์หน้าปัด 4" จำนวน 1 ตัว ประเทศผู้ผลิต "ญี่ปุ่น"
- สามารถวัดอุณหภูมิได้ 0-400 °C
- ความยาวของก้านวัด 6 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.3 มม. ออกทางด้านหลังหน้าปัด

**ง.20 ชุดควบคุมอุณหภูมิปล่องควัน (Temperature Control)**

- ยี่ห้อ "FENWAL" รุ่น AR24 จำนวน 1 ตัว ประเทศผู้ผลิต "ญี่ปุ่น"
- เป็นแบบระบบ Digital (input supply 85-264 V. 50-60 Hz.) สามารถวัดอุณหภูมิได้ -100 ถึง 800 °C
- ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิปล่องควัน และแสดงผลเป็นแบบ Digital สามารถตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุด

**ง.21 ชุดควบคุม (Control Panel)**

- มีสวิทซ์ตัดต่อการทำงานของหม้อไอน้ำ
- ตู้คอนโทรลทำจากโลหะ สามารถป้องกันความชื้นและฝุ่นได้
- มีเซอร์กิตเบรคเกอร์พร้อมสตาร์ทเตอร์ของโบลว์เวอร์พัดลม, ปั๊มน้ำ และปั๊มน้ำมัน
- หลอดไฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์ พร้อมสัญญาณเสียงฉุกเฉิน (ไซเรน)
- มีไฟเตือนฉุกเฉินสำหรับน้ำแห้ง (ระดับต่ำ) , ความดันสูง มอเตอร์โอเวอร์โหลด และอุณหภูมิปล่องควันสูง
- ป้ายบอกสถานะทำงานของเครื่องหน้าตู้ควบคุม

**ง.22 ฉนวนหุ้มตัวถังหม้อไอน้ำ (Insulation)**

- ยี่ห้อ "LAPINUS" รุ่น Wired mat 159 ใยหิน (Rock Wool) หนา 100 มม. ชนิดมีตะข่าย
- ความหนาแน่น 100 กก/.ตร.ม.
- ทำหน้าที่ป้องกันสูญเสียความร้อน

**ง.23 มาตรวัดน้ำ (Flow Meter)**

- ยี่ห้อ "ZENNER" รุ่น MTH เป็นแบบยึดติดโดยเกลียว ขนาด 3/4" จำนวน 1 ตัว ประเทศผู้ผลิต "เยอรมันนี"
- ทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของน้ำ และแสดงผลแบบ Analog
- ทนอุณหภูมิได้ไม่ต่ำกว่า 120 °C

# ภาคผนวก จ

## ใบแสดงผลการทดสอบ (Hydrostatic test)

## ใบแสดงผลการทดสอบ (Test run)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

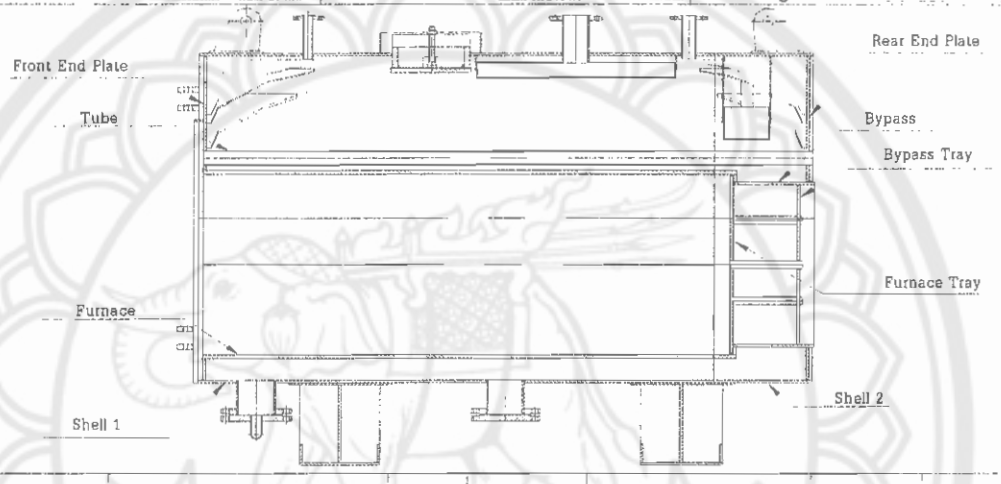
## จ.1 ใบแสดงผลการทดสอบ (Hydrostatic test)

บริษัท ไทย เค. บอยเลอร์ จำกัด
THAI K. BOILER Co.,Ltd.

| QA/QC | INSPECTION REPORT | Report No. QA 133/48-2<br>Date : 02/02/2006 |
|---|---|---|

Customer : S.COMPRESSED AIR Co.,Ltd.
Product Name : Material Boiler
Model : HDR-200-10K

Work Order : 133/48 | Serial No. : TK-6620 | Drawing No.:




| DESCRIPTION | DIMENSION | Q'TY | MATERIAL | PLATE NO./HEAT NO. | CODE No. | REMARK |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Shell 1. | ⌀1600×2438×12.7t | 1 | A 516 GR 70 | 35848 BN 68012 | B26/01 | |
| Shell 2. | ⌀1600×222×12.7t | 1 | A 516 GR 70 | 35848 BN 68012 | B26/02 | |
| Furnace | 950×2307×15.88t | 1 | A 516 GR 70 | 52178/1-01 | D20/01 | |
| Front End Plate | ⌀1571×12.7t | 1 | A 516 GR 70 | 35848 BN 68012 | B26/03 | |
| Rear End Plate | ⌀1571×12.7t | 1 | A 516 GR 70 | 35848 BN 68012 | B26/04 | |
| Furnace Tray | ⌀915×12.7t | 1 | A 516 GR 70 | 35848 BN 68012 | B26/06 | |
| Bypass Tray | ⌀771×12.7t | 1 | A 516 GR 70 | 35848 BN 68012 | B26/07 | |
| Bypass | ⌀800×12.7t | 1 | A 516 GR 70 | 35848 BN 68012 | B26/05 | |

REMARK.

| Inspected by | | Check by | Approved by |
|---|---|---|---|
| Name | Name | Name | Name |
| Date / / | Date / / | Date / / | Date / / |

## จ.2 ใบแสดงผลการทดสอบ (Hydrostatic test)

| DOC No. : TK/F/QCP/QA/00/03 |
|---|
| Rev. No . A1 |
| Date : 3/11/04 |

# CHECK SHEET
# HYDROSTATIC TEST BOILER

**ORDER** 133/48 **CUSTOMER** S.COMPRESSED AIR Co.,Ltd. **TYPE** HDR-200-10K

**BOILER DESIGN PRESSURE** 10 Kg./cm$^2$. **SERIES NO.** TK-6620

**CAPACITY** 2,155 Kg./hr.

**TEST PRESSURE** 15 Kg./cm$^2$

**START** TIME 09:00 a.m. **DATE** 01-02-2006

**FINISH** TIME 17:00 p.m. **DATE** 01-02-2006

**CODE APPLIED ( / ) DIN ( ) JIS ( ) SVDB PN 16**

| ITEM | DESCRIPTION | CHECK A/C. | CHECK N/A. | REMARK |
|---|---|---|---|---|
| 1. | SHELL | / | | |
| 2. | FURNACE | / | | |
| 3. | FRONT END PLATE | / | | |
| 4 | REAR END PLATE | / | | |
| 5. | FURNACE TRAY | / | | |
| 6 | TUBE | / | | |
| 7. | SAFETY. VALVE ( FLANGE ) | / | | |
| 8. | MAIN STEAM VALVE ( FLANGE ) | / | | |
| 9. | FEED WATER ( FLANGE ) | / | | |
| 10 | ELECTRODE ( FLANGE ) | / | | |
| 11 | HAND HOLE | / | | |
| 12. | MAN HOLE | / | | |
| 13. | BLOW DOWN VALVE ( FLANGE ) | / | | |
| 14 | FLOAT LEVEL ( FLANGE ) | / | | |
| 15. | REFLEX LEVEL GAUGE ( FLANGE ) | / | | |

Note : A/C. = Accept
N/A. = Not Accept

| RPT.BY QC. | CHK.BY QA. | APP. BY |
|---|---|---|
| | | |
| Date..... | Date..... | Date..... |

Signed .....

Date.....

( THAI K. BOILER CO.,LTD. )

Signed .....

Date.....

( S.COMPRESSED AIR Co.,Ltd. )

## จ.3 ใบแสดงผลการทดสอบ (Test run)

| | |
|---|---|
| Doc. No : TK/F/PRD/PD/00/02 | |
| Rev. No. : A0 | |
| Date : 15/07/03 | |

# Thai K. Boiler Co.,Ltd

134 Moo 6 Petchkasem 91 Suanlaug Krathumban Samutsakorn Thailand

### ใบรับรองผลการ Test Run (BOILER TEST - RUN CERTIFIED DOCUMENTATION)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ORDER NO : | 133/48 | | DATE | 7-Feb-06 | |
| CUSTOMER NAME : | บ.เอส คอมเพรสต์ แอร์ จก. ( โรงฆ่าสุกร ) | | | | |
| BOILER MODEL : | HDR-200 | | CAPACITY : | 2,155 | Kg/hr. |
| SERIES NO. : | TK-6620 | | DESIGN PRESSURE : | 10 | Bar. |
| MAX. WORKING PRESSURE : | 10 | Bar. | | | |
| BURNER BRAND : | BALTUR | | BURNER MODEL : | BT-180 DSN | |
| BURNER CONTROL TYPE : | STAGE # 1 / STAGE # 2 | | | | |
| FUEL TYPE : | HEAVY OIL | | | | |
| NOZZLE NO # 1 : | 13.5 X 45° HO | | OIL RATING : | 90.5 | Kg/hr. |
| NOZZLE NO # 2 : | 6.5 X 45° HO | | OIL RATING : | 39.2 | Kg/hr. |
| | | | TOTAL OIL RATING : | 129.7 | Kg/hr. |
| OIL PRESSURE STAGE # 1 : | 25 | Bar. | HEATER BURNER : | 15 | kw. |
| OIL PRESSURE STAGE # 2 : | 24.5 | Bar. | WORKING CURRENT : | 22.9 | Amp. |
| 1. BLOWER BURNER : | 3 | kw | HIGH PRESSURE PUMP BRAND : | SUNTEC | |
| WORKING CURRENT : | 6.5 | Amp. | HIGH PRESSURE PUMP MODEL : | E7 NC 10695 P | |
| OVER LOAD SETTING : | 7 | Amp. | | | |
| 2. FEED WATER PUMP : | 2 SETS GRUNDFOS ( CR3-19 ) | | | | |
| FEED WATER PUMP NO.1 : | 1.5 | Kw. | FEED WATER PUMP NO.2 : | 1.5 | kw. |
| WORKING CURRENT : | 3.2 | Amp. | WORKING CURRENT : | 3 | Amp. |
| OVER LOAD SETTING : | 3.4 | Amp. | OVER LOAD SETTING : | 3.4 | Amp. |
| 3. PRESSURE SWITCH : | 3 | SETS | | | |
| PRESSURE SWITCH NO. 1 SET : | 8 | Bar. | DIFF. | 1 | Bar. |
| PRESSURE SWITCH NO. 2 SET : | 7 | Bar. | DIFF. | 1 | Bar. |
| PRESSURE SWITCH NO. 3 SET : | 6 | Bar. | DIFF. | 1 | Bar. |
| 4. SAFETY VALVE : | 2 | SETS | | | |
| SAFETY VALVE NO.1 SET : | 8.5 | Bar. | | | |
| SAFETY VALVE NO.2 SET : | 9 | Bar. | | | |
| 5. SERVO CLOSE : | 0 | % | | | |
| SERVO PARTIAL LOAD : | 20 | % | | | |
| SERVO FULL LOAD : | 60 | % | | | |
| 6. สภาพการทำงานโดยทั่วไปของ BOILER : | ปกติ | | | | |

ขอแสดงความนับถือ

THAI K. BOILER CO.,TLD.

ลงชื่อ.....ผู้ควบคุมการ TEST-RUN

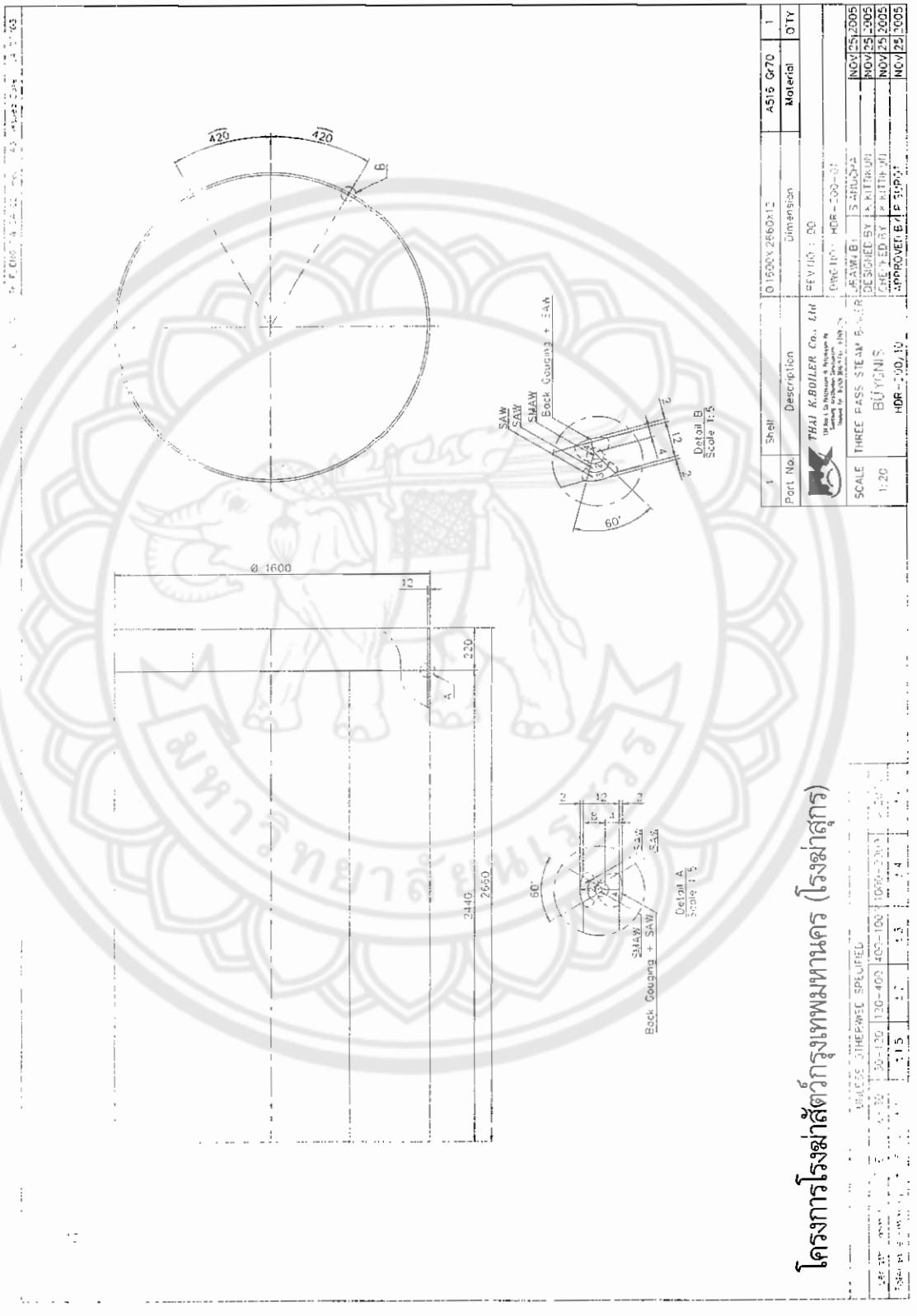
ลงชื่อ.....ตัวแทน THAI K BOILER CO.,LTD.

ลงชื่อ.....ตัวแทนลูกค้า

# ภาคผนวก ฉ

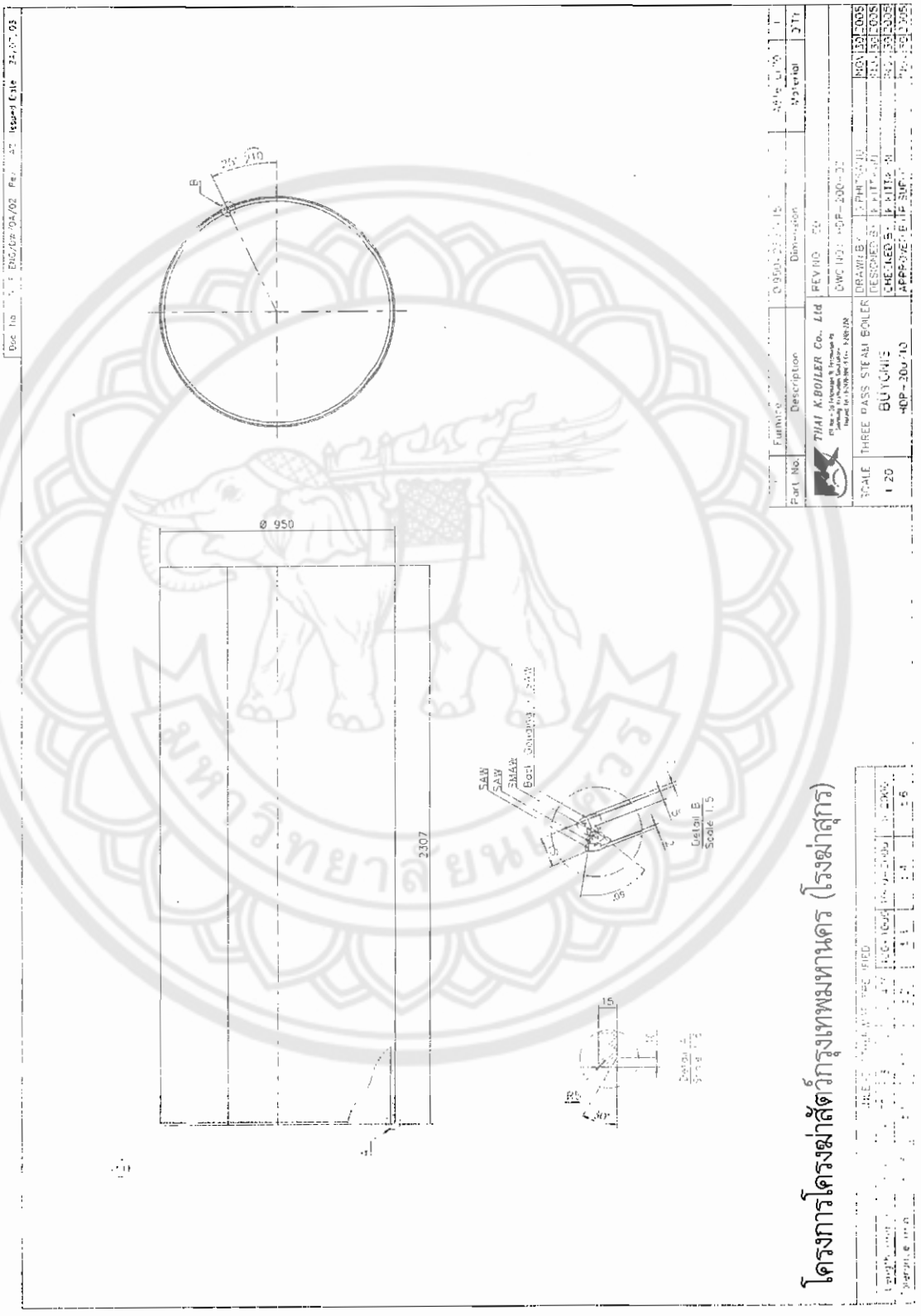
# แบบโครงสร้างหม้อไอน้ำ รุ่น HDR-200

## ฉ.1 แบบเปลือกหม้อไอน้ำ (Shell)



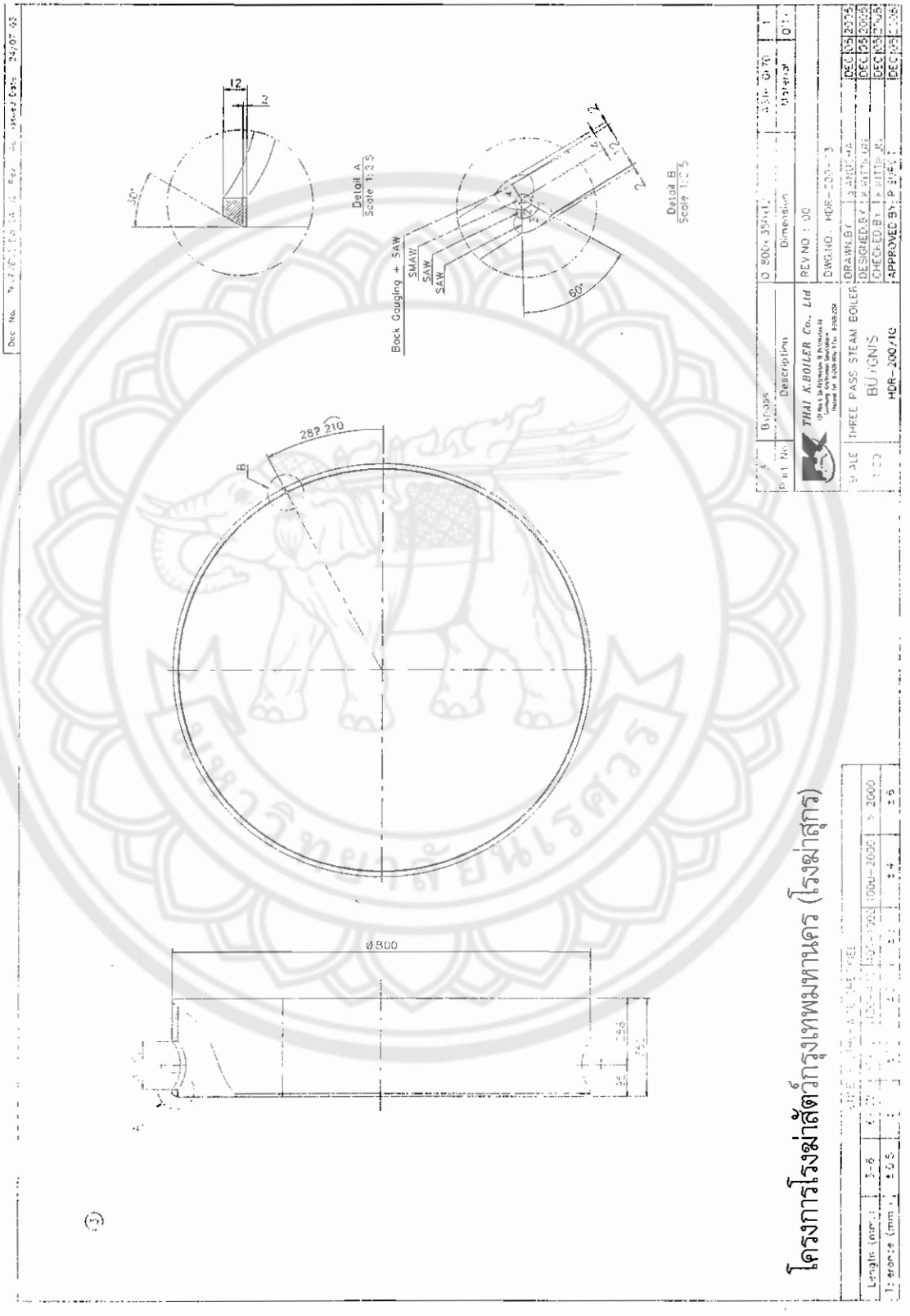

โครงการโรงน้ำสัตว์กรุงเทพมหานคร (โรงฆ่ากรุ)

## ฉ.2 แบบท่อไฟใหญ่ (Furnace)

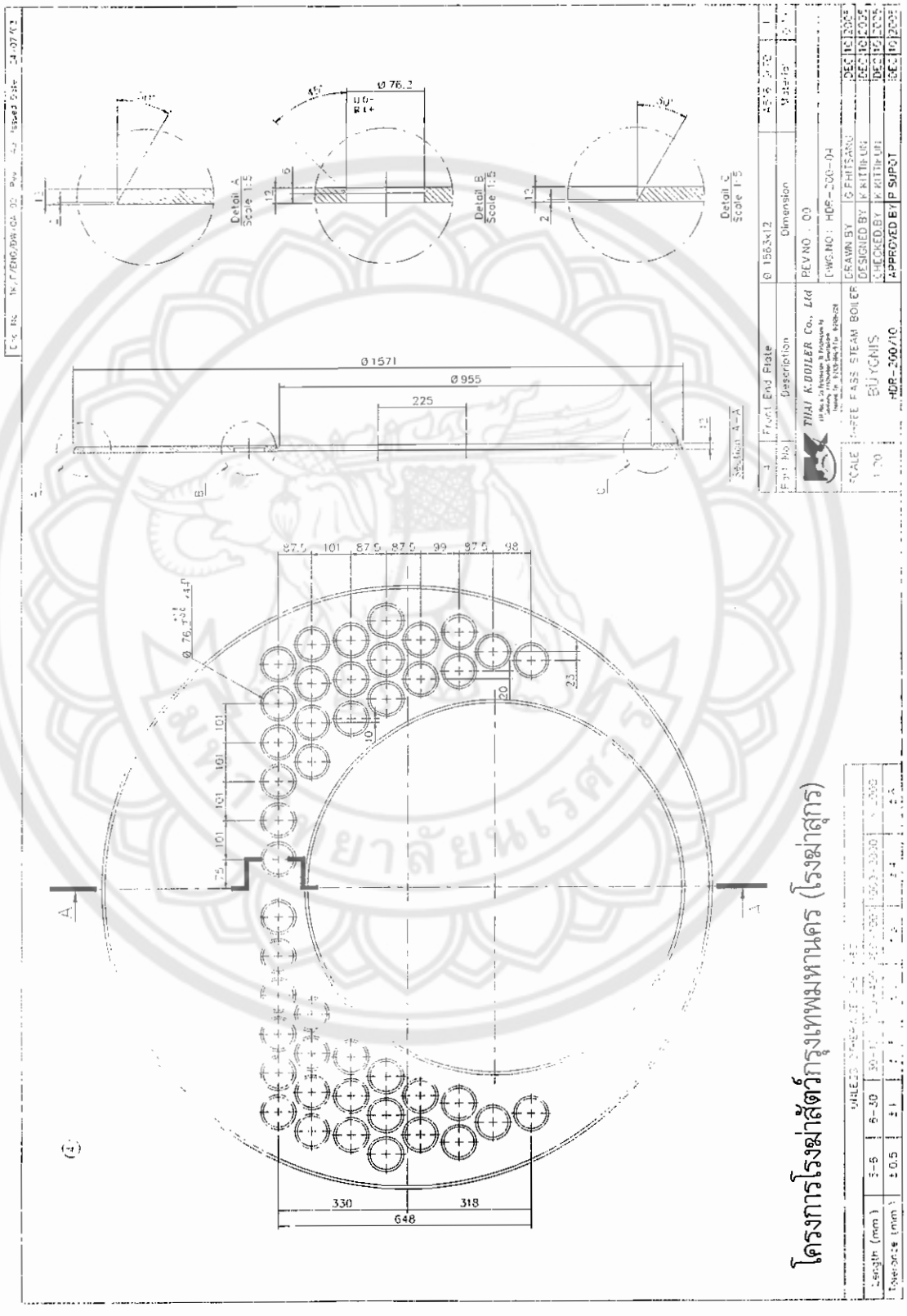



โครงการโครงน้ำดื่มตามกรมชลประทาน (โรงน้ำสูง)

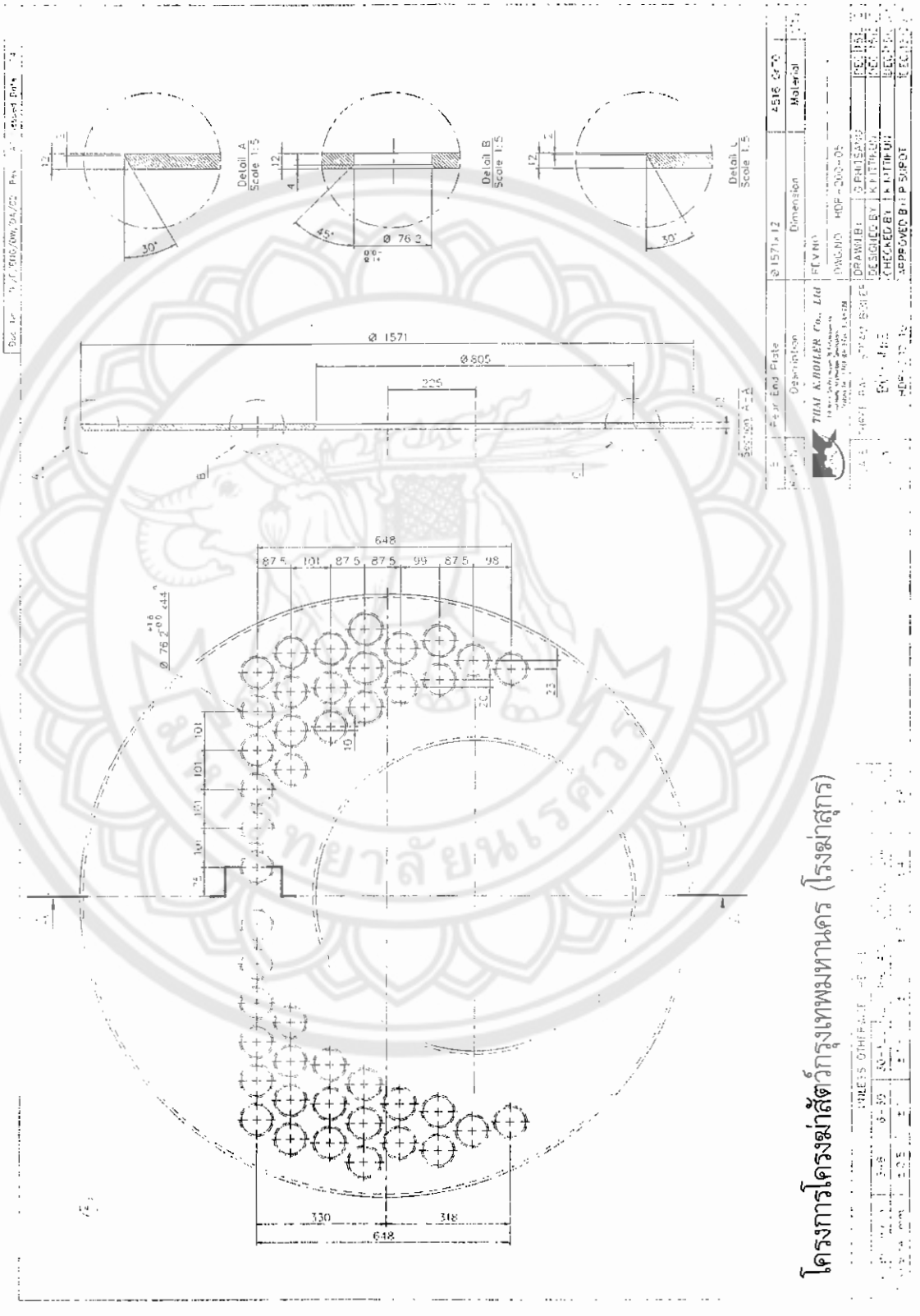
## ฉ.3 แบบฝาราบที่มีการโยงยึด (Bypass Type)



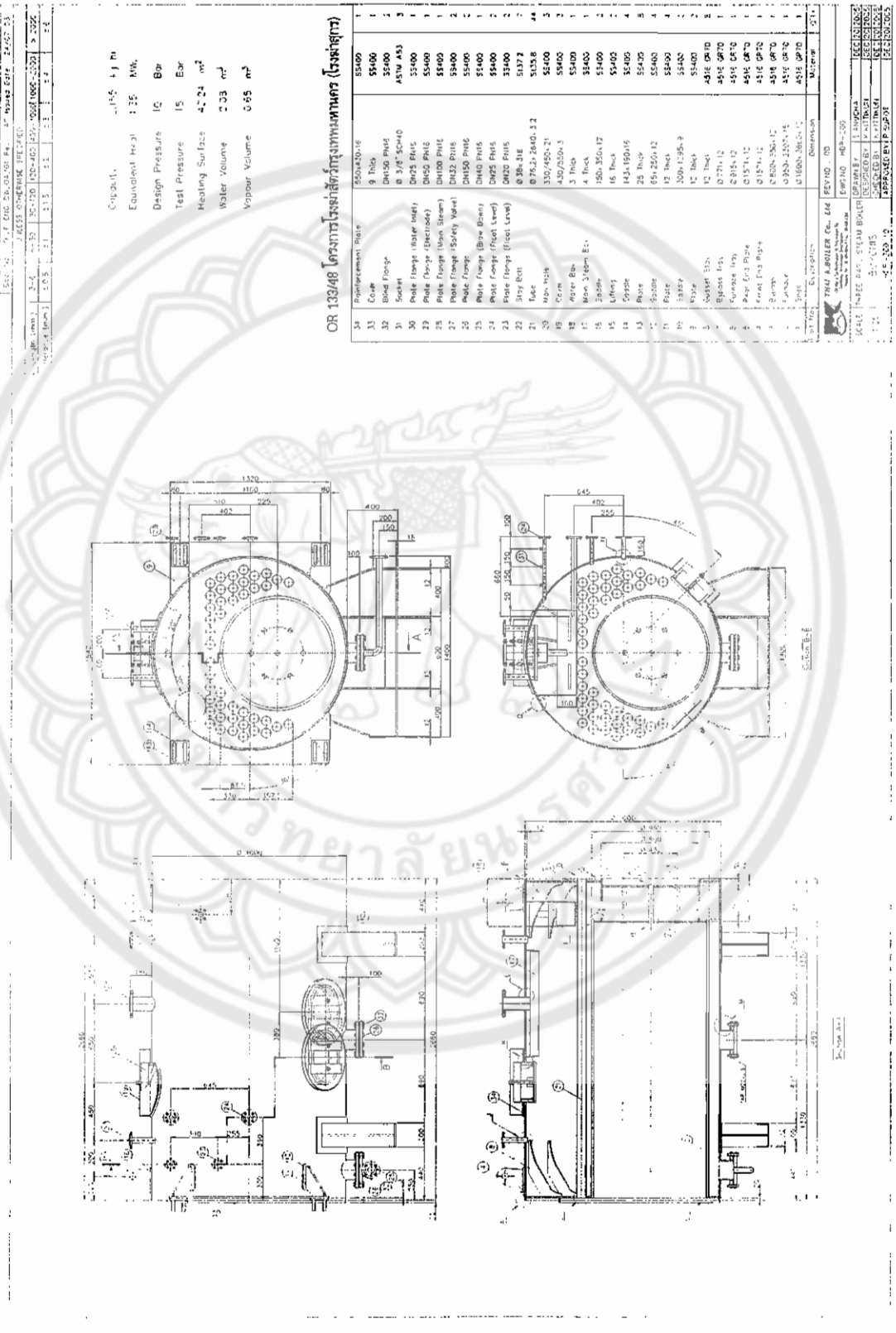
## ฉ.4 แบบฝาหน้า (Front End Plate)



## ฉ.5 แบบฝาหลัง (Rear End Plate)



# ฉ.6 แบบหม้อไอน้ำ (Boiler HDR-200)



# ภาคผนวก ช

# ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

## ช. การหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

สมการ ประสิทธิภาพ = $\dfrac{M_w \times (h_g - h) \times 100}{M_o \times HV}$

$M_w$ คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ (l/h.)

$M_o$ คือ ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (l/h.)

$h_g$ คือ ค่าพลังงานของไอน้ำ (kJ/kg) (จากตาราง ข.2)

$h$ คือ ค่าพลังงานน้ำป้อนที่อุณหภูมิต่างๆ (kJ/kg) (จากตาราง ข.1)

$HV$ คือ ค่าความร้อนน้ำมันเตา 41,450 kJ/kg.

จากการเก็บข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ ดังนี้คือ ปริมาณน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ อุณหภูมิน้ำเข้าหม้อไอน้ำ และปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ โดยบันทึกข้อมูลทุกชั่วโมงเป็นเวลา 4ชั่วโมง และหม้อไอน้ำทำงานที่ความดัน 8 บาร์ ได้ดังตาราง

| เวลา(ชั่วโมง) | ปริมาณน้ำที่เติม(ลิตร) | ความดันในหม้อไอน้ำ (bar) | อุณหภูมิน้ำเข้าหม้อไอน้ำ (°C) | ปริมาณน้ำมันเตา(ลิตร) | ประสิทธิภาพ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,129 | 8 | 50 | 152 | 86.66 |
| 2 | 2,152 | 8 | 50 | 148 | 89.96 |
| 3 | 2,160 | 8 | 50 | 143 | 93.45 |
| 4 | 2,111 | 8 | 50 | 149 | 87.66 |

∴ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำโดยรวม = 89.43 %

**ชั่วโมงที่ 1**

$M_w$ คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ 2,129 ลิตร

$M_o$ คือ ปริมาณน้ำมันที่ใช้ 152 ลิตร

$h_g$ คือ ค่าพลังงานของไอน้ำที่ความดัน 8 บาร์ 2,774 kJ/kg

$h$ คือ ค่าพลังงานน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 50 °C 209.33 kJ/kg

$HV$ คือ ค่าความร้อนน้ำมันเตา 41,450 kJ/kg

แทนค่าในสมการ $\dfrac{M_w \times (h_g - h) \times 100}{M_o \times HV}$

$$= \frac{2{,}129 \times (2{,}774 - 209.33) \times 100}{152 \times 41{,}450} = 86.66\ \%$$

∴ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำในชั่วโมงที่ 1 = 86.66 %

**ชั่วโมงที่2**

$M_w$ คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ 2,152 ลิตร

$M_o$ คือ ปริมาณน้ำมันที่ใช้ 148 ลิตร

$h_g$ คือ ค่าพลังงานของไอน้ำที่ความดัน 8 บาร์ 2,774 kJ/kg

$h$ คือ ค่าพลังงานน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 50°C 209.33 kJ/kg

$HV$ คือ ค่าความร้อนน้ำมันเตา 41,450 kJ/kg

แทนค่าในสมการ $\dfrac{M_w \times (h_g - h) \times 100}{M_o \times HV}$

$$= \frac{2{,}152 \times (2{,}774 - 209.33) \times 100}{148 \times 41{,}450} = 89.96\ \%$$

∴ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำในชั่วโมงที่ 2 = 89.96 %

**ชั่วโมงที่ 3**

$M_w$ คือ **ปริมาณน้ำที่ใช้ 2,160 ลิตร**

$M_o$ คือ **ปริมาณน้ำมันที่ใช้ 143 ลิตร**

$h_g$ คือ ค่าพลังงานของไอน้ำที่ความดัน 8 บาร์ 2,774 kJ/kg

$h$ คือ ค่าพลังงานน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 50 °C 209.33 kJ/kg

$HV$ คือ ค่าความร้อนน้ำมันเตา 41,450 kJ/kg

แทนค่าในสมการ $\dfrac{M_w \times (h_g - h) \times 100}{M_o \times HV}$

$$= \frac{2{,}160 \times (2{,}774 - 209.33) \times 100}{143 \times 41{,}450} = 93.45\ \%$$

∴ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำในชั่วโมงที่ 3 = 93.45 %

**ชั่วโมงที่ 4**

$M_w$ คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ 2,111 ลิตร

$M_o$ คือ ปริมาณน้ำมันที่ใช้ 149 ลิตร

$h_g$ คือ ค่าพลังงานของไอน้ำที่ความดัน 8 บาร์ 2,774 kJ/kg

$h$ คือ ค่าพลังงานน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 50 °C 209.33 kJ/kg

$HV$ คือ ค่าความร้อนน้ำมันเตา 41,450 kJ/kg

แทนค่าในสมการ $\dfrac{M_w \times (h_g - h) \times 100}{M_o \times HV}$

$$= \frac{2{,}111 \times (2{,}774 - 209.33) \times 100}{149 \times 41{,}450} = 87.66\ \%$$

**∴ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำในชั่วโมงที่ 4 = 87.66 %**